

УДК 504. 453 : 628.1

В.О.ОРЛОВ, д-р техн. наук, Л.А.ВОЛКОВА, канд. сільськ. наук,

Л.Л.ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

Р.М.НАУМЕНКО

ПАТ «Волинь-цемент», м.Луцьк

ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ р. УСТЯ ШЛЯХОМ ЗАЛУЧЕННЯ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЗЛИВОВИХ ВОД

На основі порівняльного аналізу кількісних та якісних показників води розглянуто можливість використання поверхневого стоку, який збирається з площі промислового підприємства, для поповнення втрат у системі оборотного водопостачання. Отримані дані дозволили скоротити забір води з річки Устя, якісно покращити роботу оборотної системи водопостачання, підняти рівень екологічного стану річки.

На основании сравнительного анализа количественных и качественных показателей воды рассмотрена возможность использования поверхностного стока, который собирается с площади промышленного предприятия, для восполнения потерь в системе оборотного водоснабжения. Полученные данные позволили сократить забор воды из реки Устья, качественно улучшить работу оборотной системы водоснабжения, поднять уровень экологического состояния реки.

Possibility of the use of superficial stream, that gathers from earth of industrial enterprise for filling of losses in the circulating water system, examined on the basis of comparative analysis of quantitative and quality indexes of water. Data allowed to shorten the use of water from the little small river Ustia, quality to become better work of the circulating water system and to heave up the level of the ecological state of the small river.

Ключові слова: поверхневий стік, оборотна система водопостачання, екологічний стан.

Екологічний стан великих річок формується залежно від стану малих річок. Басейни малих річок зазнають значного антропогенного впливу. Наслідком цього є забруднення, засмічення, виснаження водних ресурсів, деградація екосистем річок. Одним із потужних факторів впливу на якість річкової води є поверхневий стік з територій підприємств. Внаслідок використання річок як джерела технічного водопостачання відбувається їх виснаження. З метою відновлення порушених екосистем басейнів малих річок, необхідно розробити і впровадити комплекс заходів спрямованих на зниження обсягів відбору води та призупинення їх забруднення. Це завдання можна вирішити шляхом розробки технології залучення до оборотних систем технічного водопостачання вод поверхневого стоку, що формуються на території підприємств під час танення снігу та випадіння дощу. Вирішення цієї задачі є актуальним питанням, має теоретичне та практичне значення.

Питання використання поверхневого стоку вивчається як науковцями так і працівниками підприємств [1-3]. Нами розглянуто можли-

вість використання цього стоку як технічної води для підживлення оборотних систем водопостачання. Дана задача може бути вирішена лише для кожного конкретного підприємства з урахуванням: особливостей природно-кліматичних умов, рельєфу місцевості, наявності системи збору та відведення поверхневого стоку, якості води (технічної, річкової, поверхневого стоку), наявності локальних очисних споруд, умов скиду в поверхневі води, особливостей технологічного процесу тощо.

Метою даної роботи є розробка комплексу інженерних рішень для зменшення обсягів відбору технічної води з річки та припинення скиду поверхневого стоку з території ПАТ “Волинь-цемент”. Для оцінки можливості залучення зливових вод в систему технічного водопостачання необхідно встановити доцільність їх використання за кількісними показниками та придатність за якістю.

Вихідними даними для проведення досліджень був створений банк даних щодо використаних обсягів води, змін якісних характеристик води в р.Устя та поверхневого стоку до та після проходження очистки за відповідні періоди року. Для обґрунтування можливості використання поверхневого стоку в оборотній системі водопостачання підприємства було застосовано теоретичний, розрахунково-аналітичний та експериментальний методи. Теоретичний метод базувався на матеріалах обробки бази статистичних даних, отриманих при вимірюванні витрат води. Якісні показники поверхневого стоку визначені відділом аналітичного контролю Державного управління охорони навколишнього природного середовища в Рівненській області і сертифікованою гідрохімічною лабораторією кафедри водопостачання та бурової справи Національного університету водного господарства та природокористування (НУВГП). Розрахунково-аналітичний та експериментальний методи передбачали порівняння і розрахунок можливості використання вод поверхневого стоку в системі оборотного водопостачання підприємства за результатами математичної обробки даних, з використанням кореляційного і регресійного аналізу.

Рівненська область, як і більшість областей західної і північної частини України, багата на поверхневі та підземні води. Територією області протікає 171 річка довжиною понад 10 км, є 127 озер, 12 водосховищ, 1357 ставків. Річки області належать до басейну р. Прип'ять і живляться переважно за рахунок талих снігових вод, у меншій мірі – ґрунтових вод та атмосферних опадів.

Однією з річок, яка зазнає інтенсивне антропогенне навантаження, є р. Устя, яка має три притоки довжиною понад 10 км, 28 приток довжиною до 10 км. Довжина р. Устя становить 68 км. Річка протікає по території Здолбунівського і Рівненського районів, уздовж берегової сму-

ги розташовано 19 населених пунктів. Річний стік 50, 75 і 95% забезпеченості відповідно становить 75,5; 54,3; 32,0 млн. м³. Забір води з річки в різні роки становить приблизно 21,06 млн. м³ [4].

Одним із найбільших споживачів технічної води з р. Устя є підприємство ПАТ “Волинь-цемент”, яке розташовано в м. Здолбунів.

Вода технічної якості у процесі виробництва цементу використовується для охолодження обладнання (компресорів, підшипників обертових печей, млинів, сушильних барабанів), приготування шламу, охолодження газів, що відводяться, потреб мінікотелень, поливу територій. Технічна вода подається з р. Устя та з кар’єру. Кар’єрна вода подається на бовтанки гірничого цеху для приготування крейдяної пульпи.

Фактичне споживання технічної води за період досліджень з 2004 р. становило в середньому 1775,8 м³/рік, з них 1713,45 м³/рік (96%) – це вода, що використовується в оборотній системі водопостачання підприємства. За останні роки відбулися зміни у системі оборотного водопостачання. А саме: подача охолодженої води із виробничого водопроводу оборотної води на охолодження маслостанції вугільного млина і для уприскування води у млин; відведення поверхневого стоку з території складу вугілля і з земельного полотна залізничної станції в резервуари-накопичувачі для можливого подальшого використання в технологічному процесі. Особливі уваги рішення цього питання потребує у зв’язку з тим, що в останні роки підприємство в якості палива використовує не тільки природний газ, а й вугілля.

Кількість і якість води для виробничих потреб залежать від характеру виробництва, схеми технологічних процесів, обладнання що використовується, наявних джерел водопостачання. Використання води на підприємстві визначається режимом його роботи, роботи окремого обладнання та умовами використання води.

З метою зменшення відбору технічної води з р. Устя була розглянута принципова схема можливого залучення поверхневого стоку, що формуються на території підприємства, площею 49 га. Фізико-хімічні показники цих вод залежать від багатьох факторів і значно різняться за роками спостережень (табл.1).

Води, що формуються на території підприємства, збираються за двома схемами. За першою схемою вода з території промислового майданчика надходить у мережу дощової каналізації через систему колекторів та дощоприймачів після часткового очищення у відстійниках біля відповідних цехів, що забезпечує деяке видалення осідаючих та спливаючих домішок та певної кількості органічних речовин. Частково очищений поверхневий стік двома колекторами дощової каналізації подається

до приймальної камери очисних споруд, які включають горизонтальний піскоуловлювач, регулятор-відстійник та біоплато гідропонного типу. На біоплато вилучаються біогенні домішки у природних умовах, за рахунок діяльності мікроорганізмів, водної рослинності в шарі зернистого матеріалу. Очищені таким чином води скидаються в р. Устя по земляному руслу меліоративного каналу.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники якості води
(фактичне середньорічне значення за результатами аналізів)

№ з/п	Найменування показників	Показники якості води				
		р. Устя	поверхневого стоку за роками досліджень			
			2007р.	2008р.	2009р.	2010р.
1	Зависли речовини, мг/л	8,84	9	41,13	8,08	17,2
2	БСК ₅ мг О ₂ /л	3,22	15,4	4,59	5,60	3,3
3	ХСК, мг О ₂ /л	18,7	40,5	61,5	49,5	35,2
4	Азот аміаку, мг/л	0,097	0,345	0,365	0,193	0,293
5	Нітрити, мг/л	0,036	0,062	0,098	0,14	0,08
6	Нітрати, мг/л	26,4	3,45	2,89	6,48	5,7
7	Залізо, мг/л	0,22	0,18	0,21	0,54	0,62
8	Сульфати, мг/л	33,2	95,2	51,7	32,3	46,0
9	Фосфати, мг/л	0,42	0,6	0,25	0,075	0,26
10	Хлориди, мг/л	15,2	24,6	22,4	40,4	18,9
11	Мінералізація, мг/л	382	-	-	-	332
12	pH	6,-8,5	7,62	8,24	6,95	7,62
13	Лужність загальна, мг-екв/л	-	-	-	-	4,44
14	Жорсткість карбонатна, мг-екв/л	-	-	-	2,60	5,32

За другою схемою поверхневий стік з території відкритого складу вугілля, автодоріг навколо нього, а також з території земляного полотна залізничної станції відводяться за допомогою лотків у два резервуари-накопичувачі поверхневого стоку ємкістю 80 та 250 м³. Перед резервуарами-накопичувачами поверхневі води проходять очищення в колодязях, де встановлені ґрати з прозорами 10 мм. Прояснені поверхневі води з накопичувачів вивозяться спеціальним автотранспортом для використання в технологічному процесі при виробництві шламу.

У табл.2 проведено порівняльну характеристику якості води в р. Устя та середніх значень (за всі роки спостережень) показників вод поверхневого стоку, які пройшли очищення. Якість води після очисних споруд для переважної кількості показників перевищує фонові значення в річці та проектні показники [7].

На підприємстві охолодження обладнання здійснюється в теплообмінних апаратах (через стінку) без вогневого нагріву поверхні теплообміну, тобто вода при використанні тільки нагрівається та регламентується допустимою температурою (15 °С) [5].

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика якості вод

№ з/п	Найменування показників	р. Устя (РУ)	Середні показники (СП) за 2004-2010 рр.	Допустимі показники (ДП) за [5]	Відношення	
					СП РУ	СП ДП
1	Завислі речовини, мг/л	8,84	18,85	5-9,5	2,1	3,8-1,98
2	БСК ₅ мг О ₂ /л	3,22	7,22	3,5-4	2,2	2,1-1,8
3	ХСК, мг О ₂ /л	18,7	46,68	25-30	2,5	1,8-1,55
4	Азот аміаку, мг/л	0,097	0,299	0,9-0,5	3,1	0,3-0,6
5	Нітрити, мг/л	0,036	0,095	0,1-0,01	2,6	0,95-9,5
6	Нітрати, мг/л	26,4	4,6	15-7,5	0,17	0,3-0,6
7	Залізо, мг/л	0,22	0,39	0,22	1,8	1,8
8	Сульфати, мг/л	33,2	56,3	< 100	1,7	<0,56
9	Фосфати, мг/л	0,42	0,30	3-2,5	0,71	0,1-0,12
10	Хлориди, мг/л	15,2	26,6	< 200	1,8	<0,13
11	Мінералізація, мг/л	382	332	< 2000	0,87	<0,17
12	рН	6,-8,5	7,6	6,5-8,5	0,79-1,0	0,92-1,0
13	Лужність загальна, мг-екв/л		4,44	<4		<1,11
14	Жорсткість карбонатна, мг-екв/л		3,96	< 3,5		<1,13

Основним джерелом забруднення оборотної води є додаткова вода, яка надходить в систему для поповнення втрат води, за рахунок її виносу у вигляді крапель, випаровування, продувки та витоків з системи і містить механічні домішки, які викликають механічні відкладення. При випадінні домішок у теплообмінних апаратах загальні коефіцієнти теплопередачі їх значно знижуються. Тому важливо попередньо освітлювати воду на відстійниках або прояснювачах та швидких фільтрах. Важливим є також контроль загального солевмісту та конкретних іонів, які можуть приводити до утворення відкладень мінеральних солей. Це – аніони: бікарбонати, карбонати, гідроокиси, фосфати, сульфати, силікати; катіони: кальцію, магнію, алюмінію, заліза, цинку. Більшість з цих іонів знаходяться в воді, яка використовується для підживлення. Найбільш поширені – карбонат кальцію, який випадає на стінки теплообмінних апаратів внаслідок порушення вуглекислотної рівноваги. Для обґрунтування можливості залучення вод поверхневого стоку у якості води, що іде на підживлення оборотних вод необхідно контролювати жорсткість та загальну лужність. На розчинність солей та спроможність кальцію утворювати карбонати впливає значення показника рН. Це характеризується індексом стабільності Ланжельє (табл.3).

В системах оборотного водопостачання карбонатна жорсткість води не повинна перевищувати 2,8...3,5 мг-екв/л. Допустима концентрація завислих речовин приймається залежно від швидкості руху води в апаратах, що охолоджуються, але не більше 50...100 мг/л; сульфатів не ви-

ще 40 мг/л; сірководню не вище 0,5 мг/л; масел не вище 1...2 мг/л; кисню не вище 4...6 мгО₂/л; сухого залишку не вище 1000 мг/л [5].

Таблиця 3 – Характеристики води за індексом насичення Ланжельє

Індекс Ланжельє (<i>J</i>)	Тенденція води до утворення накипу та корозії
+2	Є утворення осаду і відсутня корозія
+ 0,5	Можливе незначне утворення осаду або корозії
0	Стан рівноваги або можлива петінгова корозія
-0,5	Можлива незначна корозія і відсутнє утворення осаду
-2	Корозійна активність

Окремо необхідно розглянути показник стабільності води. Вода, яка не викликає корозії контактуючої поверхні або не виділяє на ній осаду карбонату кальцію, називається стабільною. Нестабільною може стати природна вода після обробки її реагентами (коагулянтами, вапном), або після аерації. З цієї метою були проведені контрольні спостереження за якісними показниками поверхневого стоку на території ПАТ “Волинь-цемент” шляхом відбору проб води у різних точках існуючої схеми руху води [3]. Результати якісного аналізу, виконаного сертифікованою гідрохімічною лабораторією кафедри водопостачання та бурової справи НУВГП, наведено в табл.4.

Таблиця 4 – Фізико-хімічні показники зливових вод ПАТ “Волинь-цемент”

№ з/п	Показники	Допустимі показники (ДП)	Перед очисними спорудами	Після відстоювання	Після очисних спорудах
1	pH	6,5-8,5		8,15	8,8
2	Лужність загальна, мг-екв/л	<4	4,44	1,68	1,62
3	Жорсткість карбонатна, мг-екв/л	< 3,5	5,32	1,8	1,86
4	Кальцій, мг/л	-	80	28	26
5	Магній, мг/л	-	16,1	4,9	6,8
6	Залізо загальне, мг/л	0,22	0,76	2,02	1,52
7	Хлориди, мг/л	< 200	21,4	5,53	9,6
8	Сульфати, мг/л	< 100	34	28	32,9
9	Фосфати, мг/л	3-2,5	0,15	0,19	0,15
10	Амоній, мг/л	0,9-0,5	0,5	0,6	0,36
11	Нітрити, мг/л	0,1-0,01	0,07	0,087	0,049
12	Нітрати, мг/л	15-7,5	3,3	2,3	2,65
13	Завислі речовини, мг/л	<50	25	110	91
14	Сухий залишок, мг/л	<2000	332	130	165
15	ХСК, мгО ₂ /л	25-30	24	20	70
16	БСК, мгО ₂ /л	3,5-4	2,36	2,47	2,76
17	Індекс стабільності		0,825	0,12	0,42

За результатами досліджень проведена оцінка стабільності води за індексом насичення Ланжелєс, який визначається за формулою

$$J = pH_o - pH_s, \quad (1)$$

де pH_o – водневий показник вихідної води, $pH_o = 8,45$; pH_s – водневий показник насичення карбонатом кальцію, виходячи із загального солемісту, лужності води, температури, вмісту кальцію.

$$pH_s = f(t) - f(Ca) - f(T) + f(P), \quad (2)$$

де $f(t)$, $f(Ca)$, $f(T)$, $f(P)$ – значення функцій, які визначено за номограмою [6] залежно від температури води, вмісту катіонів кальцію, лужності води, вмісту завислих речовин у воді.

$$pH_s = 2,2 - 1,35 - 1,54 + 8,775 = 8,085;$$

$$J = 8,45 - 8,085 = 0,365.$$

При $J = 0$ – вода стабільна, $J > 0$ – вода може відкладати карбонат кальцію, $J < 0$ – вода викликає корозію. Наявність позитивного індексу насичення вказує на необхідність введення кислот – сірчаної або хлористоводневої, які понижують водневий показник і роблять воду стабільною, або введення гексаметафосфату (триполіфосфату) натрію, які утворюють на поверхні щільну метафосфатну плівку для захисту металу. Так як отриманий індекс стабільності дорівнює 0,3 вода нестабільна і може спостерігатися незначне відкладення карбонату кальцію.

Індекс стабільності води р. Устя (0,83) вище ніж поверхневого стоку, а це означає, що карбонат кальцію в більшому ступені може випадати з річкової води. Тобто, поверхневий стік більш підходить для використання як додаткова вода. Каламутність цього стоку знаходиться в межах від 25-110 мг/л. Проведені досліді показують, що при проясненні води перед біоплато з введенням коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ у дозі 30 мг/л утворюються дуже дрібні завислі пластівці, а при додаванні флокулянту АК 631 (полімер акриламід), дозою 2 мг/л, пластівці значно збільшуються і швидко осідають. Після відстоювання впродовж 0,5 год. залишкова концентрація завислих речовин у проясненій воді становить 2,8 мг/л. Це свідчить про неякісну експлуатацію очисних споруд. Тобто існує досить просте рішення покращення процесу прояснення поверхневого стоку. При надходженні великих витрат у період злив або інтенсивного танення снігу корегувати дози введення коагулянту та флокулянту

Проведений аналіз вказує на те, що поверхневий стік найбільш доцільно використовувати в якості додаткової води при умові покращення якості очистки на очисних спорудах.

Таким чином, результати проведених досліджень дозволяють зробити висновок про те, що якість поверхневого стоку відповідає вимогам води, яка може використовуватись для підживлення оборотної системи водопостачання підприємства ПАТ “Волинь-цемент”. Використання

поверхневого стоку з території підприємства в якості технічної води дає можливість зменшити відбір води з річки в окремі роки (залежно від водності) до 30%.

При імовірності використання суміші води р. Устя та поверхневого стоку (за умов попереднього їх очищення) будуть забезпечуватися більш високі та якісні показники роботи оборотної системи водопостачання. Можливість зменшення забору води з р. Устя, запобігання скидів поверхневого стоку забезпечить більш раціональне використання водних ресурсів, покращить екологічний стан екосистеми басейну річки та знизить рівень антропогенного навантаження при умовах зростання виробничих потужностей підприємства.

1.Семчук Г.М. Современные проблемы поверхностного стока в Украине / Г.М. Семчук, В.П. Рудий, С.В. Разметаев, В.Ф. Костенко, В.А. Юрченко, В.Г. Петрищев, И.В. Белявска., И.В. Коринько, Е.С. Большакова // Сб. науч. тр. XII междунар. науч.-техн. конф. «Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов»: В 3-х т. / Под ред. С.В. Разметаева, В.Ф. Костенко. – Харьков, 2004. – Т. – С.591-593.

2.Мостепан Е.В. Исследование влияния ливневых вод с водосборных территорий города на состояние водных объектов / Е.В. Мостепан // Сб. докл. междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых «Эффективные материалы, технологии, машины и оборудование для строительства и эксплуатации современных транспортных сооружений». – Белгород, 2009. – С.261-263.

3.Орлов В.О. Рациональне використання водних ресурсів на цементних заводах. / В.О. Орлов, Л.А. Волкова, Л.Л. Литвиненко, Р.М. Науменко // Materiály VII mezinárodní vědecko-praktická konference «Moderní vymoženosti vědy – 2011» (27.01.2011 – 05.02.2011). – Díl 14. Ekologie. Chemie a chemická technologie. Zemědělství. Zvěrolékařství: Praha. Publishing House «Education and» s.r.o. – S.28-32.

4.Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2007 р. / За ред. П.Д. Колодича, О.М. Горковлюка. – Рівне, 2008. – 203 с.

5.Шабалин А.Ф. Обратное водоснабжение промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1972. – 276 с.

6.СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение, наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 136 с.

7.Тугай А.М. Водопостачання / А.М Тугай, В.О. Орлов. – К.: Знання, 2009. – 735 с.

Отримано 06.06.2012

УДК 504.064.3 : 574

Ю.Ю.ВЫСТАВНАЯ, Е.В.СЕРГЕЕВА

Харьковская национальная академия городского хозяйства

МОНИТОРИНГ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ АЛКИЛФЕНОЛОВ В ГОРОДСКИХ РЕКАХ (на примере рек Лопань и Уды г. Харькова)

Рассматривается проблема наличия алкилфенолов в природных водах. Дается анализ содержания этих веществ в реках Лопань и Уды г. Харькова. Содержание веществ в реках определялось с помощью пассивного метода отбора проб воды.